

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

## PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 223 326 A

4(51) H 05 K 3/42

## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 05 K / 262 177 7

(22) 23.04.84

(44) 05.06.85

(71) VEB Keramische Werke Hermsdorf, 6530 Hermsdorf, Friedrich-Engels-Straße 79, DD  
(72) Thieme, Jörg, Dr., DDEntsprech  
V.5 3562 863

(54) Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektronik. Ziel ist es, den großen Aufwand und die begrenzte Anwendbarkeit bekannter Verfahren zu beseitigen. Die Aufgabe besteht darin, die Anwendung bekannter Verfahren nicht mehr notwendig zu machen, dabei aber gleiche oder bessere Schichteigenschaften der Metallisierungsschicht zu erreichen. Erfindungsgemäß wird in einem Loch in einem Abstand von den Lochkanten oder unterhalb des Loches eine Lasereinrichtung angeordnet, die einen Laserstrahl im Jet-Betrieb aussendet. Bei Normalumgebungsdruck wird der Laserstrahl so gelenkt, daß dessen Brennfleck im Zentrum des Beschichtungsmaterials liegt oder daß dieses Anwendungsgebiet der Erfindung ist die Herstellung von Mehrebenenschaltungen. Fig. 1

ISSN 0433-6461

10 Seite

-/-

Dr. Jörg Thieme

P 1029

Int.Cl.: H 05 K, 3/42  
11.4.1984

Titel der Erfindung

Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten

Anwendungsbereich der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektronik. Sie betrifft ein Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten. Die Löcher werden hergestellt, um elektrisch leitende Verbindungen zwischen den einzelnen Ebenen von Mehrschichtschaltungen zu realisieren.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Herstellung von elektrisch leitenden Verbindungen zwischen der Vorder- und Rückseite von Schaltkreissubstraten bzw. zwischen der Vorder- und/oder der Rückseite und innenliegenden Leiterebenen ist es bekannt, Bohrungen in den Substraten anzubringen, die metallisiert werden müssen. Zur Beschichtung der Lochwände sind eine Vielzahl von Verfahren bekannt.

Das Verfahren der stromlosen Metallabscheidung in Bohrungen mit anschließender galvanischer Verstärkung ist auf Grund

der geringen Haftfestigkeit der so abgeschiedenen Schichten und der eingeschränkten Werkstoffpalette nur begrenzt anwendbar (DE 2059 425).

Des Weiteren ist die Vakuumbedampfung von senkrecht zur Oberfläche eingebrachten Bohrungen bekannt, wobei zur allseitigen Bedampfung der Lochwände das Substrat während der Beschichtung gleichzeitig um mindestens zwei verschiedene Rotationsachsen bewegt werden muß. Auch diese Durchkontaktierungen müssen nachträglich galvanisch verstärkt werden (DE 2147 573, DE 2443 287).

Weiterhin sind Durchkontaktierungsverfahren bekannt, bei denen man die Bohrungen mit einer leitfähigen Siebdruckpaste überdrückt und anschließend mittels Unterdruck die Siebdruckpaste durch die Bohrungen saugt und somit die Metallierung der Bohrungen realisiert (DE 2926 335).

Aus der DE 2558 361 ist ein Verfahren zur Herstellung metallierter Bohrungen bekannt, bei dem zunächst eine leitfähige Paste auf die Substratoberfläche und in die Bohrungen gedrückt wird. Nach einem Sinterverfahren verflüchtigt sich die Paste teilweise, so daß nur eine Metallschicht auf den Innenwänden verbleibt.

Außerdem ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Wände der Bohrungen metallisiert werden, in dem zunächst die Bohrungen mit einer metallischen Paste ausgefüllt werden, wobei anschließend das Substrat geschleudert wird, so daß durch die Zentrifugalkräfte einerseits überschüssige Metallpaste entfernt und andererseits die Wände der Bohrungen gleichförmig mit Metallpaste überzogen werden. Danach muß das Substrat zur Verfestigung der Paste gebrannt werden (DE 2538 454).

In der Druckschrift DE 3145 584 wird ein Verfahren zum Durchkontaktieren einer Leiterplatte beschrieben, bei dem ein elastisch verformbarer Druckstempel die leitfähige Siebdruckpaste in die Bohrung drückt. Bei kleinen Bohrungsdurchmessern

ist dieses Verfahren nicht anwendbar.

Zur Metallisierung der genannten Bohrungen ist außerdem ein Gaszerstäubungsverfahren bekannt, bei dem ein Aufdampfen der Metallisierungsschicht im Vakuum in der Nähe der Bohrungen bei so hohen Drücken vorgenommen wird, daß der Einfall der Teilchen aus allen Winkeln des Halbraumes erfolgt und somit eine Beschichtung der Bohrungen erreicht wird.

Eine ähnliche Wirkung ist zu erwarten, wenn man die bekannten Zerstäubungsverfahren in hohen Druckbereichen für die Metallisierung von Bohrungen anwendet.

Alle die genannten Verfahren haben technische und ökonomische Nachteile, insbesondere hinsichtlich der elektrischen Belastbarkeit und der Zuverlässigkeit solcher Verbindungen. Außerdem ist die Anwendungsbreite verfahrensseitig und werkstoffseitig stark begrenzt.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten zu schaffen, das die genannten Nachteile der bekannten technischen Lösungen, insbesondere den relativ großen Aufwand und die begrenzte Anwendbarkeit beseitigt.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein neues Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten zu finden, das die Anwendung aller bisher bekannten Verfahren zum Beschichten (Metallisieren) dieser Löcher nicht mehr notwendig macht, dabei aber gleiche oder bessere Schichteigenschaften der Metallisierungsschicht erreicht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zunächst in einem Loch in einem Abstand von den Lochkanten oder unter-

halb des Loches und auch in diesem Abstand das Beschichtungsmaterial bereitgestellt wird. Oberhalb des jeweils zu beschichteten Loches wird eine Lasereinrichtung angeordnet. Der von dieser Lasereinrichtung ausgesendete Laserstrahl wird in einem Gasstrom (Jet-Betrieb) und bei einem Normalumgebungsdruck, also keinem Vakuum, so gelenkt, daß dessen Brennfleck im Zentrum des Beschichtungsmaterials liegt oder daß der Brennfleck bei dynamischen Betrieb des Lasers auf einen Kreisring bewegt wird, dessen Durchmesser kleiner als der Lochdurchmesser ist.

Zweckmäßigerweise wird der Abstand des Beschichtungsmaterials von den Lochkanten im Bereich von einem Zwölftel bis zu einem Sechstel der Lochtiefe eingestellt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird der Laserstrahl in Abhängigkeit vom Lochdurchmesser fokussiert.

Es ist weiterhin zweckmäßig, das Beschichtungsmaterial in festem Zustand bereitzustellen. Soll es im Loch angeordnet werden, kann es dort als Stift eingepaßt werden.

Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es zwar bekannt ist, mit Laserstrahlen Löcher in Substraten zu bohren und dabei leitende Lochwände zu erzeugen, aber dabei keine Schicht auf die Lochwände aufgetragen wird, sondern nur chemische Reaktionen des Lochwandmaterials durch Vorhandensein eines Vakuums verhindert werden (DE 3103 986).

Natürlich ist die Anwendung eines Lasers zur Verdampfung von Materialien, die auf flächigen Substraten niedergeschlagen werden soll, auch bekannt. Die vorliegenden Verhältnisse und Probleme beim Aufbringen einer dünnen Schicht in einer feinen Bohrung (Loch) sind aber wesentlich komplizierter. So ist aus den physikalischen Gesetzmäßigkeiten, insbesondere aus den Erkenntnissen für die Abhängigkeit der freien Weglänge von Dampfteilchen von der Erzeugung einer gleichmäßigen Schicht, keinesfalls zu erwarten, daß bei einer beim erfindungsgemäßen

Verfahren erreichten freien Weglänge von kleiner  $1 \mu\text{m}$  die benötigte gleichmäßige, durchgehende Metallisierungsschicht für die Lochwand erreicht werden kann.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben werden. Die dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine Schnittdarstellung durch ein Substrat mit Loch, wobei das Beschichtungsmaterial im Loch angeordnet ist

Fig. 2: eine Schnittdarstellung durch ein Substrat mit Loch, wobei das Beschichtungsmaterial unterhalb des Loches angeordnet ist.

Zur Herstellung einer Mehrebenenstruktur, die, wie hier beschrieben werden soll, im einfachsten Fall aus einem auf beiden Seiten metallisierten Keramiksubstrat besteht, werden in diesem eine oder mehrere Bohrungen, z.B. mit einem Laserstrahl, eingebracht. Zur Realisierung einer leitenden Verbindung zwischen den beiden Leiterebenen 3,5 muß die Bohrung (Loch) metallisiert werden.

Gemäß der Erfindung wird in ein Keramiksubstrat 4 mit einer Dicke von  $630 \mu\text{m}$  ein Loch 7 mit einem Durchmesser von  $600 \mu\text{m}$  gebohrt, das insbesondere eine konische Form aufweist.

Innerhalb des Loches 7 (Fig. 1) wird nun das Beschichtungsmaterial 6 angeordnet und zwar in einem Abstand a von  $100 \mu\text{m}$  von den Lochkanten. Als Beschichtungsmaterial 6 kann beispielsweise ein Metall in Stiftform verwendet werden. Zur weiteren Realisierung des Verfahrens wird oberhalb des Loches 7 eine Lasereinrichtung 1 angeordnet. Diese kann

nach der Erfindung ein  $\text{CO}_2$ -Laser im Jet-Betrieb sein. An den Umgebungsdruck werden keine besonderen Anforderungen (kein Vakuum) gestellt. Lediglich eine Argon- oder Stickstoffatmosphäre mit einem Druck kleiner  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  sollte vorhanden sein. Der Laserstrahl 2 wird entsprechend dem vorhandenen Lochdurchmesser fokussiert und gelenkt, so daß sein Brennfleck im Zentrum des Beschichtungsmaterials 6 liegt. Bei dynamischen Betrieb des Lasers (Verfahren des Laserkopfes) wird der Brennfleck auf einem Kreisring auf dem Beschichtungsmaterial 6 bewegt, dessen Durchmesser kleiner als der Lochdurchmesser ist.

In Fig. 2 ist das Beschichtungsmaterial 6 unterhalb des Loches 7 auf einem Träger 8 angeordnet. Unter dem Begriff "Träger" kann dabei auch ein Verdampfertiegel verstanden werden. Der Abstand a des Beschichtungsmaterials 6 von der Lochkante beträgt auch hier beispielsweise  $100 \mu\text{m}$ . Beim Auftreffen des Laserstrahls 2 auf dem Beschichtungsmaterial 6 wird dieses explosionsartig verdampft und schlägt sich als eine dünne Schicht ( $0,1 \mu\text{m}$ ) auf der Loch(innen)wand nieder. Senkrecht zu dieser beschichteten Fläche, d.h. auf der Substratoberfläche, findet keine Materialablagerung statt. Die durch die selektive Beschichtung der Lochwand entstandene elektrisch leitfähige Schicht weist einen Übergangswiderstand kleiner 1 Ohm auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet eine breite Anwendbarkeit für die verschiedensten Beschichtungsmaterialien und Substratwerkstoffe. Die hergestellte Metallisierungsschicht auf der Lochwand besitzt eine gleichmäßige Dicke auf ihrer gesamten Fläche und gute Haftbarkeit zur Keramik. Ihre Eigenschaften sind mit denen einer gesputterten Schicht vergleichbar.

Auf Grund der Tatsache, daß die Lasereinrichtung sowohl zum Bohren der Löcher als auch zum Beschichten dieser verwendet wird, ist der Aufwand gering.

Das Verfahren lässt sich natürlich auch anwenden, wenn mehr als zwei Leiterebenen auf bzw. in einem oder mehreren Substraten elektrisch leitend verbunden werden sollen.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum Beschichten von Löchern in Substraten, wie sie insbesondere für elektrisch leitende Verbindungen zwischen den einzelnen Leiterebenen von Mehrschichtschaltungen hergestellt werden, gekennzeichnet dadurch, daß zunächst in einem Loch (7) in einem Abstand (a) von den Lochkanten oder unterhalb des Loches (7) und auch in diesem Abstand (a) das Beschichtungsmaterial (6) bereitgestellt wird, daß anschließend oberhalb des Loches (7) eine Lasereinrichtung (1) angeordnet wird, wobei ein von dieser ausgesender Laserstrahl (2) in einem Gasstrom und bei Normalumgebungsdruck so gelenkt wird, daß dessen Brennfleck im Zentrum des Beschichtungsmaterials (6) liegt oder daß der Brennfleck bei dynamischen Betrieb des Lasers auf einem Kreisring bewegt wird, dessen Durchmesser kleiner als der Lochdurchmesser ist.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Abstand (a) des Beschichtungsmaterials (6) von den Lochkanten im Bereich von einem Zwölftel bis zu einem Sechstel der Lochtiefe realisiert wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der Laserstrahl (2) in Abhängigkeit von dem Lochdurchmesser fokussiert wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Beschichtungsmaterial (6) im festen Zustand bereitgestellt wird.
5. Verfahren nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß das Beschichtungsmaterial (6) als Stift in das Loch (7) eingepaßt wird.

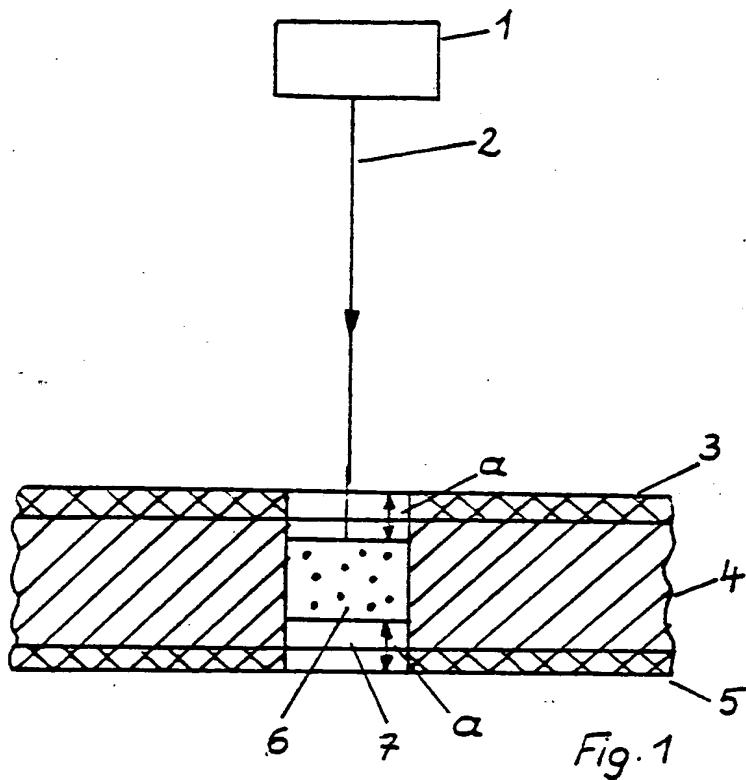


Fig. 1

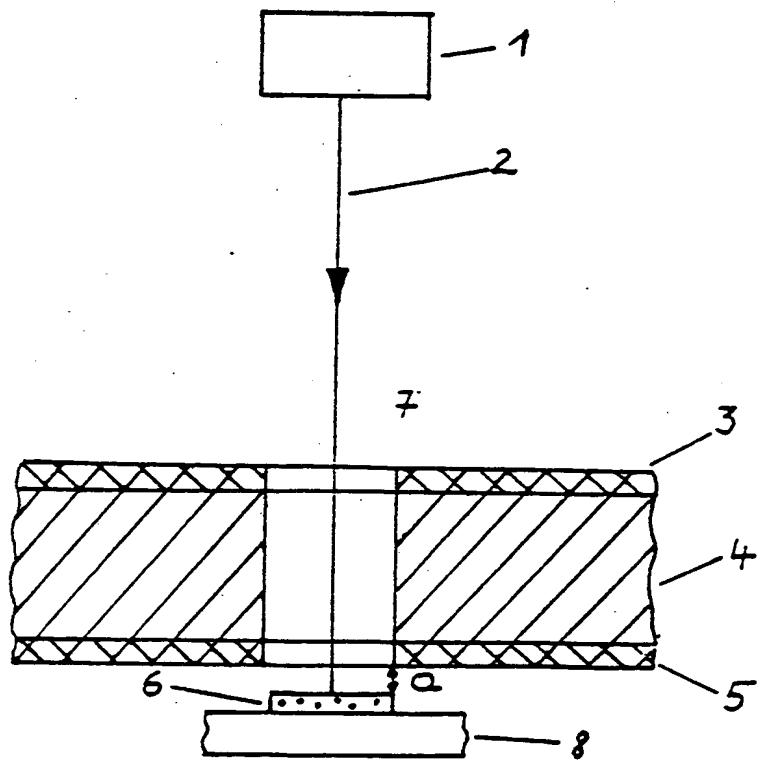


Fig. 2